

Е.М.Гуліда, д.т.н., професор, Є.Г.Сабіров (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

НАДІЙНІСТЬ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ

Розглянуто надійність сучасної багатофункціональної пожежної техніки. Проведено аналіз надійності існуючих багатофункціональних технічних засобів пожежогасіння, на підставі якого розроблено заходи її подальшого підвищення.

Вступ. Машинобудівна промисловість випускає значну кількість типорозмірів різних машин, механізмів і приладів, в тому числі і багатофункціональну пожежну техніку, а саме механізований ручний пожежний інструмент (бензомоторна пила, відбійні пневматичні молотки); пожежні стволи (ручні та лафетні); гідранти та пожежні колонки; димососи; пожежні насоси; мотопомпи; піногенератори; пожежні автомобілі тощо [1, 3 – 5]. Однією з основних проблем при її виготовленні є забезпечення надійності, тобто властивості об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

Мета роботи. Проаналізувати сучасний стан забезпечення надійності багатофункціональної пожежної техніки та розробити основні заходи її можливого подальшого підвищення.

Надійність об'єкта – узагальнена властивість, яка включає в себе поняття *безвідмовності* та *довговічності*. Розподілення надійності на ці дві основні категорії залежить від того, який проміжок часу розглядається та чи враховуються при цьому заходи, які пов'язані з відновленням втраченої працездатності. Тому безвідмовність – це властивість об'єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку, а довговічність – це властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту [10].

Основним показником *безвідмовності* пожежної техніки є імовірність безвідмовної роботи $R(t_1, t_2)$ (коефіцієнт надійності) – імовірність того, що протягом заданого наробітку t відмова об'єкта не виникне [10]

$$R(t_1, t_2) = \int_t^{\infty} f(t) dt, \quad (1)$$

де $f(t)$ – густина розподілу часу безвідмовної роботи. При невідомих значеннях $f(t)$ можна визначити $R(t_1, t_2)$ за залежністю

$$R(t_1, t_2) \approx \frac{N - N_0}{N}, \quad (2)$$

де N – кількість одиниць одного типу пожежної техніки в партії; N_0 – кількість одиниць одного типу пожежної техніки, яка відмовила за період часу t .

Крім цього, для пожежної техніки, яка підлягає ремонту, використовують комплексний показник надійності, а саме коефіцієнт готовності $A(t)$, який чисельно дорівнює імовірності того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачено. В цьому випадку можна також говорити про коефіцієнт неготовності $U(t)$ (коефіцієнт простою). Тоді $A(t) + U(t) = 1$.

Відомо, що будь-який тип багатофункціональної пожежної техніки складається з окремих конструктивних елементів, надійність яких впливає на загальну надійність пожежного устаткування. Тоді сумарну надійність пожежної техніки можна визначити за залежністю [9]

$$R(t_1, t_2) = R_1(t_1, t_2)R_2(t_1, t_2)\dots R_n(t_1, t_2) = \prod_{i=1}^n R_i(t_1, t_2), \quad (3)$$

а ймовірність відмови

$$F(t_1, t_2) = 1 - \prod_{i=1}^n R_i(t_1, t_2), \quad (4)$$

де n – загальна кількість конструктивних елементів одного типу пожежної техніки.

Крім цього, показником безвідмовності є середній наробіток до відмови МТТФ, тобто математичне сподівання наробітку об'єкта до першої відмови [10].

Показником *довговічності* однієї одиниці пожежної техніки є середній термін служби

$$t_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (5)$$

де t_i – середній термін функціонування i -го конструктивного елемента.

Розглянемо питання надійності багатофункціональної пожежної техніки за нормованими показниками. Одними з основних представників багатофункціональної пожежної техніки є пожежні автомобілі, для яких значення основних нормованих показників надійності наведені в табл. 1 [3, 6, 11].

Таблиця 1. Показники надійності пожежних автомобілів

Позначення типу автомобіля	Середній наробіток до відмови в період між ПТО і ОТО*		Середній ресурс роботи до першого капітального ремонту**	
	На привід насосної установки, год, не менше ніж	Порошкової чи газоводяної установки, число спрацювань, не менше ніж	На привід насосної установки, год, не менше ніж	Порошкової чи газоводяної установки, число спрацювань, не менше ніж
АЦ, АНР, АА, АВ	100	-	1650	-
АКТ		70		-
АП	-			
АГВТ	-			

* Основне технічне обслуговування проводиться в повному обсязі тільки при наявності приведенного пробігу шасі. Загальний пробіг автомобіля складається із „чистого” пробігу шасі і приведенного пробігу, який отримують перерахунком кількості годин роботи двигуна на привід насоса в кілометри пробігу автомобіля із розрахунку: 1 год роботи двигуна на привід насоса відповідає 50 км пробігу (при відсутності лічильника мотопробігу).

** Основні агрегати автомобіля (двигун, пожежний насос, рама і кузов, посудина для порошку чи води тощо) потребують капітального ремонту.

Відмовами пожежного автомобіля можуть бути: неможливість заповнення насоса водою, втрати герметичності насоса, відсутність подачі вогнегасячих речовин тощо. Нормовані значення показників надійності визначають в більшості випадків на підставі їх випробування на надійність з моменту введення автомобіля в експлуатацію до виникнення першої відмови, а середній ресурс – до потреби першого капітального ремонту. Випробуванням підлягають автомобілі, що знаходяться в підконтрольній експлуатації в підрозділах пожежної охорони (табл.2) [6, 11].

Аналізуючи показники надійності пожежних автомобілів можна зауважити, що значення основних показників надійності не високі та потребують подальшого підвищення шляхом удосконалення конструктивних і експлуатаційних чинників.

Таблиця 2. Кількість автомобілів, яка підлягає випробуванням

Річний випуск автомобілів, шт	Кількість підконтрольних автомобілів, шт., не менше ніж під час контролю	
	Середнього наробітку до відмови в період між ПТО і ОТО	Середній ресурс до першого капітального ремонту
10-500	3 автомобілі в 4 роки	5 автомобілів в 4 роки
Понад 500	5 автомобілів в 2 роки	10 автомобілів в 2 роки

Другими представниками багатофункціональної пожежної техніки є стволи. Стволи повітряно-пінні повинні випробовуватись на надійність не рідше одного разу на чотири роки і відповідати таким показникам надійності: середній термін служби до списання – не менше 8 років, середнє напрацювання до відмови – не менше 300 циклів. Перевірка середнього напрацювання до відмови проводиться за такими вихідними даними: приймальне значення напрацювання до відмови $T_B = 300$ циклів, бракувальне значення напрацювання до відмови $T_a = 140$ циклів, гранична кількість відмов $i_{гр} = 5$ [7, 8, 11].

Відмовою ствола також може бути незабезпечення герметичності перекриваючими пристроями стволів при гідравлічному тиску $0,6^{+0,1}$ МПа; тріщини на поверхні відливки, різьби з вм'ятинами, підрізами і зірваними нитками.

Третіми не менш важливими представниками багатофункціональної пожежної техніки є насоси, від надійності роботи яких в значній мірі залежить кінцевий результат ліквідації пожежі. Значення нормованих показників надійності насосів наведені в табл.3 [8, 11].

Таблиця 3. Значення нормованих показників надійності насосів

Назва показників	Тип насоса		
	НЦП-15/80	ПН-40 УВ ПН-60 Б ПН110 Б	НЦПВ-20/200 НЦП-40/100 НЦП-70/100 НЦП-110/100
1. Середній наробіток до відмови, год, не менше	100	150	100
2. Середній ресурс, год, не менше	850	1130	1400
3. Середній термін служби, років, не менше	8	11	11

Під відмовою насоса слід розуміти зниження напору більше ніж на 5%, або теча рідини із дренажного отвору ущільнення вала більша як $30 \text{ см}^3/\text{хв.}$, або зниження розрідження, створеного вакуумним насосом в об'ємі порожнини насоса, нижче $0,013 \text{ МПа}$ ($0,13 \text{ кгс/см}^2$) [12], або порушення автоматичного увімкнення і вимкнення вакуумної системи. При аналізі даних табл. 3 видно, що середній ресурс насосів не великий, тобто при безперервній роботі насос має ресурс не більше 16% річного часу.

Нами розглянуто надійність найбільш важливої багатofункціональної пожежної техніки, особливістю відмов якої є те що їх усунення потребує багато часу, в деяких випадках навіть 2-3 доби [3, 5, 8]. Крім цього, рівень її надійності, з яким вона потрапляє в експлуатацію, з часом зменшується. Тому необхідно оцінювати наявний, дійсний на даний час рівень надійності та при можливості підвищувати його. При цьому необхідність підвищення повина обґрунтовуватися, в першу чергу, виходячи з економічного аспекту надійності.

Порівняння різних варіантів досягнення потрібного рівня надійності повинно виходити з умови отримання найбільшого сумарного економічного ефекту із врахуванням витрат у сфері виробництва та експлуатації об'єкта та того позитивного економічного ефекту, який отримується при використанні об'єкта за призначенням.

Розглянемо це питання на прикладі використання насоса НЦП-15/80. Його ресурс – 850 год, а витрати на виготовлення становлять $Q_B = 5000$ грн. Період окупності цих витрат становить 100 год безперервної роботи. За цей період витрати склали $Q_B + Q_E \approx 5000$ грн (Q_E – експлуатаційні витрати), і прибуток від його роботи по гасінню пожеж приблизно дорівнював $Q_P \approx 5000$ грн, тобто за цей період часу насос окупив витрати на виготовлення. Під кінець ресурсу ($t = 850$ год) витрати складають $Q_B + Q_E = 12500$ грн і вони повинні дорівнювати приблизно такому ж значенню прибутку Q_P , але це не завжди можливо забезпечити. Наочно це показано на рис. 1, на якому цифрою 1 позначена крива для сумарної ефективності Q ; цифрою 2 – для Q_E ; цифрою 3 – для Q_P .

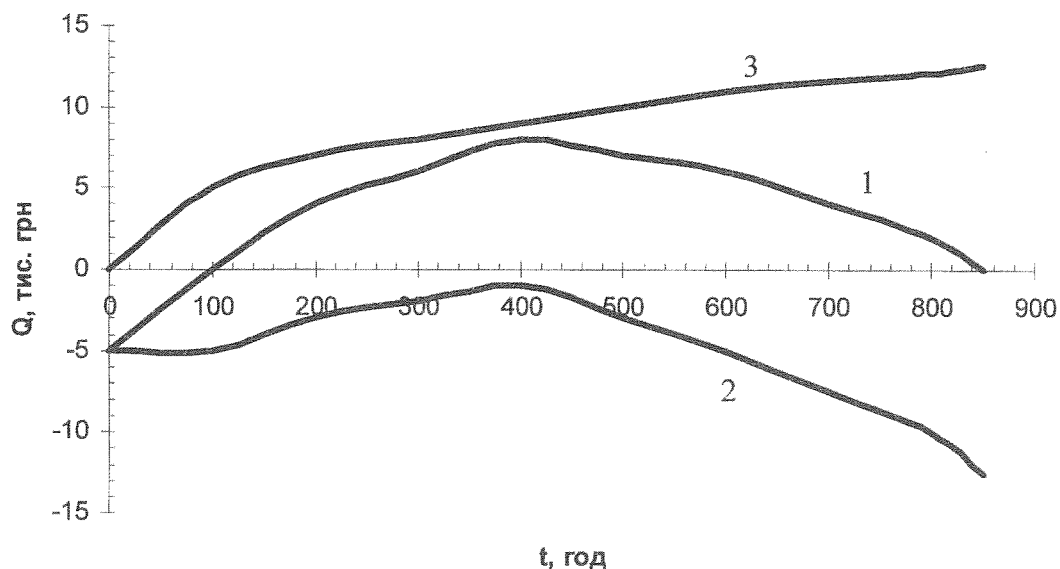


Рис.1. Зміна економічної ефективності насоса НЦП-15/80 у часі.

Виходячи з цих положень можна записати

$$Q = Q_B + Q_E + Q_P \quad (6)$$

Тоді, аналізуючи витрати та можливий прибуток від роботи того чи іншого об'єкта з використанням залежності (6), можна прийняти рішення про підвищення його надійності.

Висновки

1. В технічній літературі недостатньо висвітлені питання, які пов'язані з надійністю багатофункціональної пожежної техніки. Дані, які наведені головним чином тільки у стандартах, стосуються нормованих показників надійності.

2. Для визначення дійсних значень основних показників надійності багатофункціональної пожежної техніки, а саме безвідмовності роботи та довговічності, необхідно проводити довготривалі експериментальні дослідження, які б враховували її умови роботи.

3. В більшості випадків багатофункціональна пожежна техніка потребує підвищення її надійності, але це підвищення необхідно обґрунтовувати визначенням економічної ефективності.

4. На підставі отриманих даних потребується подальша робота в цьому напрямку з проведенням досконалих експериментальних досліджень, що дасть можливість встановити фізику та моделі відмов, а також надійність складних систем пожежної техніки та її ефективність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проников А.С. *Надежность машин.* – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
2. *Методы повышения долговечности деталей машин.* Под редакцией В.Н.Ткачева. – М.: «Машиностроение», 1971. – 272 с.
3. Авдонькин Ф.Н. *Изменение технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации.* – Саратов: Изд. Саратовского университета, 1973. – 192 с.
4. Базовский И.Н. *Надежность, теория и практика.* – М.: «Мир», 1975. – 373 с.
5. *Пожарная техника.* Под редакцией М.Д. Безбородько. – М.: 1989. – 335 с.
6. Яковенко Ю.Ф., Кузнецов Ю.С. *Диагностирование технического состояния пожарных автомобилей.* – М.: Стройиздат, 1983. – 248 с.
7. *Машины и аппараты пожаротушения.* Под редакцией Н.Ф. Бубыря. – М. 1972. – 528 с.
8. *Пожарная техника. Каталог-справочник.* – М.: Изд. ЦНИИТЭстроймаш, 1970. – 660 с.
9. Гулида Э.Н. *Управление надёжностью цилиндрических зубчатых колёс.* – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1983. – 136 с.
10. ДСТУ 2860-94. *Надійність техніки. Терміни та визначення.* – К.: Держстандарт України, 1995. – 92 с.
11. *Державні стандарти України (збірник). Пожежна безпека. Продукція протипожежного призначення.* – Київ, 2000.
12. *Настанова з технічної служби Державного департаменту пожежної безпеки МВС України. Наказ МВСУ № 628 від 26.06.2002р.*

УДК 641.841.332

Т.Б. Юзьків, к.т.н., Ю.В. Гуцуляк, к.т.н., доцент, М.З. Лоза к.т.н., (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

ВПЛИВ БАЛОК І ПРОГОНІВ НА ПОВЕДІНКУ КАМ'ЯНИХ СТІН В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

В статті проведено аналіз впливу матеріалу балок і прогонів перекриттів на характер руйнування будівельних конструкцій та кам'яних стін під час пожежі, а також методи їх відбудови.